

★NIKR U11 U14 98-203505/18 ★JP 10055954-A
Circuit pattern exposure system in manufacturing of semiconductor IC, LCD element - includes laser interferometer which measures rotation of stationary part where fixed mirror is provided

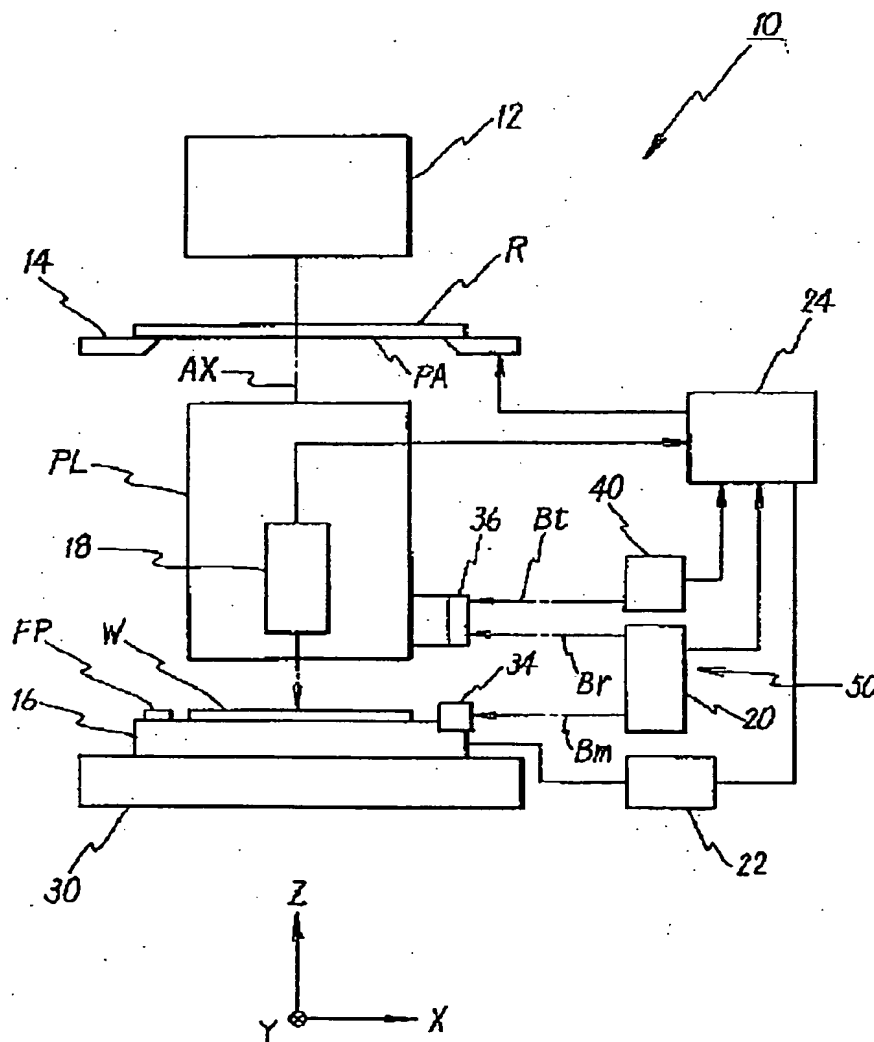
NIKON CORP 96.08.09 96JP-227635
P84 (98.02.24) II01L 21/027, G03F 9/00

The exposure system (10) includes a rotary movable stage (16) which holds photo-sensitive substrate. A laser interferometer unit (50) measures the 2D coordinate position and 2D rotation position relating to the position of a movable mirror (34) provided in the stage and a fixed mirror (36) provided in a stationary part outside the stage.

The pattern formed on the mask is transferred onto the substrate. A laser interferometer (40) for fixed mirror provided in the interferometer unit measures the rotation of the stationary part.

ADVANTAGE - Improves pattern superposition accuracy by preventing rotation fluctuation of fixed mirror and substrate. (9pp Dwg.No.1/2)

N98-162215 U11-C04B2 U11-C04C U11-C04E2 U14-K01A5



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 0 - 5 5 9 5 4

(43) 公開日 平成 1 0 年 (1 9 9 8) 2 月 2 4 日

(51) Int. Cl. °	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	525 B
G03F 9/00			G03F 9/00	H
			H01L 21/30	525 F
				525 W

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平 8 - 2 2 7 6 3 5
(22) 出願日 平成 8 年 (1 9 9 6) 8 月 9 日

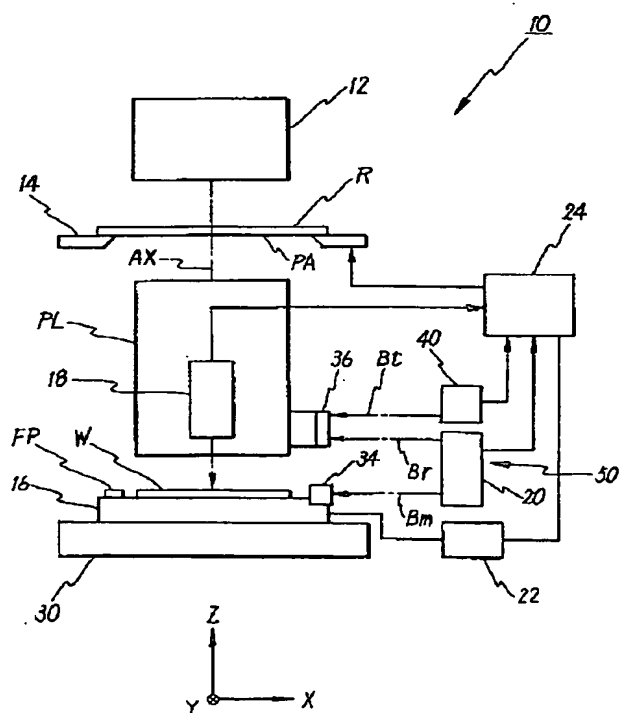
(71) 出願人 0 0 0 0 0 4 1 1 2
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
(72) 発明者 白石 直正
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株
式会社ニコン内
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板との重ね合わせ精度の劣化を抑制ないしは防止する。

【解決手段】 固定鏡用レーザ干渉計 4 0 により固定鏡 3 6 の装置固定部に対する回転量を計測する。このため、例えばレーザ干渉計システム 5 0 により計測された基板ステージ 1 6 の回転量が所定の値を超えた場合に、レーザ干渉計システムを構成するその固定鏡 3 6 を基準として基板ステージ 1 6 の位置を計測するレーザ干渉計 2 0 をリセットすることができるようになる。従って、固定鏡 3 6 の回転に起因する基板ステージ 1 6 の位置決め誤差等の発生を防止することができ、結果的にマスク R と感光基板 W との重ねあわせ精度の劣化を抑制することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 感光基板を保持して 2 次元移動及び回転が可能で、前記基板ステージと、前記基板ステージに設けられた移動鏡と前記基板ステージ外の装置固定部に設けられた固定鏡との相対位置関係から前記基板ステージの 2 次元座標位置と回転量を計測するレーザ干渉計システムとを備え、マスクに形成されたパターンを前記感光基板上に転写する露光装置において、

前記レーザ干渉計システムを構成する前記固定鏡の装置固定部に対する回転量を計測する固定鏡用レーザ干渉計を設けたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 マスクに形成されたパターンを感光基板上に転写する露光装置であって、

前記感光基板を保持して 2 次元移動及び回転が可能で、前記基板ステージと、前記基板ステージに設けられた移動鏡と前記基板ステージ外の装置固定部に設けられた固定鏡とを有し、前記移動鏡と固定鏡との相対位置関係から前記基板ステージの 2 次元座標位置と回転量を計測するレーザ干渉計システムと、前記感光基板上の位置合わせマークの位置を検出するマーク検出系と、前記レーザ干渉計システムの計測結果とマーク検出系の検出結果とに基づいて前記基板ステージの位置と回転量を制御する制御系と、前記固定鏡の装置固定部に対する回転量を計測する固定鏡用レーザ干渉計と、前記固定鏡用レーザ干渉計の計測値に基づいて前記固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に前記マーク検出系を校正する校正手段とを有する露光装置。

【請求項 3】 前記固定鏡用レーザ干渉計は、前記レーザ干渉計システムとは別に設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記固定鏡用レーザ干渉計は、前記レーザ干渉計システムを構成する少なくとも一部のレーザ干渉計から成ることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 5】 前記マスクのパターンを前記感光基板上に投影する投影光学系を更に有し、

前記マーク検出系は、前記投影光学系を介さないで前記感光基板上の位置合わせマークの位置を検出する系であり、

前記校正手段は、前記固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に、前記マスクのパターン像の投影像位置と前記マーク検出系の検出中心との間隔であるベースライン量を計測することを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 6】 マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感光基板上に転写するに先立ち、前記感光基板上の位置合わせ用マークの位置をマーク検出系を使って検出することにより、前記マスクのパターン像と前記感光基板との位置合わせを行う露光方法において、前記マスクのパターン像の投影像位置と前記マーク検出

系の検出中心との間隔であるベースライン量を計測する第 1 工程と、前記マーク検出系を用いて前記感光基板上のマークの位置を検出する第 2 工程と、前記第 1 工程で求められたベースライン量と前記第 2 工程で検出されたマーク位置とに基づいて、前記マスクパターンの投影像と前記感光基板との位置合わせを行う第 3 工程とを含む、

前記感光基板の位置及び回転を計測するレーザ干渉計システムを構成する固定鏡の装置固定部に対する回転量を計測し、前記固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に前記第 1 工程におけるベースライン量の計測を行うことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置及び露光方法に係り、更に詳しくは、半導体集積回路、液晶ディスプレイ等の微細回路パターン等のフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置及び露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル等（以下、「レチクル」と総称する）のパターンの像を投影光学系を介して感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、「ウエハ」と総称する）上の各ショット領域に投影する投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置として近年は、ウエハを 2 次元的に移動自在なステージ上に載置し、このステージによりウエハを歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターンの像をウエハ上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の露光装置、特に、縮小投影型の露光装置（ステッパー）が比較的多く用いられている。

【0003】例えば、半導体素子はウエハ上に多数層の回路パターンを重ねて露光することにより形成される。そして、2 層目以降の回路パターンをウエハ上に投影露光する際には、ウエハ上の既に形成された回路パターンとレチクルのパターンの像との位置合わせ、即ちウエハとレチクルとの位置合わせ（アライメント）を精確に行う必要がある。このアライメントのためにウエハ上には既存の回路パターンと共に位置検出用のマーク（アライメントマーク）が形成されており、このマークをアライメントセンサにより位置検出することで回路パターンの位置を正確に認識することができる。

【0004】ウエハが載置されるステージ（以下、「ウエハステージ」と称する）の位置は、レーザ干渉計を用いて精密に計測され、アライメント時のステージの位置を正確に計測すると共に、ウエハ上の各ショット領域を正しく露光位置に合わせるようにステージ位置を合わせ込んで、重ね合わせ露光が行われる。一般にレーザ干渉計は、ウエハへの露光位置の中心を交点とする直交する

10

20

30

40

50

2 軸の計測システムにより構成される。このように、露光位置と干渉計計測軸が同一直線上であると、ウエハステージが微小回転しても、その回転誤差はレーザ干渉計によるステージ座標計測値には影響せず、正確な位置計測及び位置決めが可能である。

【 0 0 0 5 】ところで、現在使用されているアライメントセンサの方式としては、露光波長以外の光束でウエハ上のマークの位置を検出する方式が一般的であり、ウエハマーク検出光学系（アライメントセンサ）の一部として投影光学系を使用する方式（以下、「TTL（Through The Lens）方式」と称する）や、専用の位置検出光学系を使用する方式（以下「オフ・アクシス（off-Axis）方式」と称する）がある。これらの方式では、レチクルとウエハとを直接位置合わせするのではなく、投影露光装置内（一般にはウエハステージ上）に設けた基準マークを介して間接的に位置合わせを行う。

【 0 0 0 6 】一例として、オフ・アクシス方式について具体的に説明する。まず、重ね合わせ露光に先立ってレチクル上の位置合わせマークのウエハステージ上への投影像の位置に上記基準マークを位置合わせし、その時のウエハステージの位置を計測する。続いて、基準マークをウエハマーク検出光学系の下に移動し、ウエハマーク検出光学系（アライメントセンサ）の検出基準に対して位置合わせをし、この時にもウエハステージの位置を計測する。これら2つのステージ位置の差をベースライン量と呼び、上記のシーケンスをベースライン計測と呼ぶ。

【 0 0 0 7 】ウエハへの重ね合わせ露光時には、ウエハ上のアライメントマークをウエハマーク検出光学系に対して位置合わせし、ウエハステージを、そのときのウエハステージの位置からベースライン量だけずれた位置に移動して露光を行うことで、ウエハ上の既存の回路パターンとレチクルパターンの像とを重ね合わせることができ。

【 0 0 0 8 】しかしながら、露光装置の構成によってはアライメントセンサによるマークの検出位置と露光位置とが大きく（例えば数十mm）離れる場合もある。この乖離の方向が、アライメントセンサの計測方向と一致していれば特に問題はないが、計測方向と直交する方向に乖離している場合には、マーク位置計測時にステージの微小回転に伴う計測誤差が生じてしまう恐れがある。

【 0 0 0 9 】このためこのような構成の装置のレーザ干渉計システムは、直交する2次元のステージ座標を計測するのみでなく、ステージの回転量も計測できるよう、3軸以上の計測システムを有する構成となっている。そして、このうち2軸は互いに平行な計測軸であり、この2軸の計測値の差からステージの回転を計測できる。

【 0 0 1 0 】アライメント時のステージ回転が計測できれば、ステージ回転があっても、アライメント計測値をそのステージ回転量分だけ補正することで、誤差のない

正確な位置計測が可能となる。

【 0 0 1 1 】また、ウエハの搭載されるステージは一般に極めて高精度なものではあるが、上記2次元の移動に伴って、僅かながらではあるがその回転量も変化（一般に「ヨーイング」と呼ばれる）する。これに対して、レチクルを固定のままとすると回転したウエハステージ上のウエハに対してレチクルの投影像は回転したものとなってしまい位置ずれが生じてしまう。これを防止するために、上述のレーザ干渉計で計測されたウエハステージの回転量に基づいてレチクル（レチクルの載置されるレチクルステージ）を回転補正し、常に正確な位置合わせを行っている装置もある。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の装置においては、ステージの位置または回転量の計測は、可動なるステージ上に設けられた反射鏡（一般に「移動鏡」と呼ばれる）と、装置内のステージ以外の部分に設けられた反射鏡（一般に「固定鏡」と呼ばれる）との相対位置、または相対回転量の変化として計測される。従って、もしこれらの反射鏡の位置が、例えば熱膨張等によってズレてしまうと、重ね合わせ結果も大きくズレてしまい、このため生産される半導体集積回路が不良品となる恐れがある。

【 0 0 1 3 】一般に露光装置では、露光動作の開始に伴って、ウエハステージが高速で移動（ステッピング）を繰り返し、ウエハに対して高いエネルギー（露光光）が照射されるので、これらのエネルギーによって装置本体の温度は上昇していく傾向にあり、移動鏡や固定鏡の温度、またはその取り付け部の温度も上昇することとなる。

【 0 0 1 4 】このため、それらの部分の熱変形により、上記重ね合わせズレが生じる恐れがあった。特に、固定鏡の回転変動は、前述したウエハステージの回転測定にも大きく影響を与え、結果的にレチクル上のパターンとウエハ上のパターンとの重ねあわせ精度が劣化するという不都合があった。

【 0 0 1 5 】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1に記載の発明は、固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板との重ねあわせ精度の劣化を抑制ないしは防止することができる露光装置を提供することにある。

【 0 0 1 6 】また、請求項2ないし5に記載の発明の目的は、固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板との重ねあわせ精度の劣化を未然に防ぎ、安定して高い重ねあわせ精度を得ることができる露光装置を提供することにある。

【 0 0 1 7 】また、請求項6に記載の発明は、固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板との重ねあわせ精度の劣化を未然に防ぎ、安定して高い重ねあわせ精度を得ることができる露光方法を提供することにある。

【 0 0 1 8 】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の発明は、感光基板 (W) を保持して 2 次元移動及び回転が可能な基板ステージ (1 6) と、前記基板ステージ (1 6) に設けられた移動鏡 (3 4) と前記基板ステージ外の装置固定部に設けられた固定鏡 (3 6) との相対位置関係から前記基板ステージの 2 次元座標位置と回転量とを計測するレーザ干渉計システム (5 0) とを備え、マスク (R) に形成されたパターンの像を前記感光基板 (W) 上に転写する露光装置において、前記レーザ干渉計システム (5 0) を構成する前記固定鏡 (3 6) の装置固定部に対する回転量を計測する固定鏡用レーザ干渉計 (4 0) を設けたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】これによれば、固定鏡用レーザ干渉計により固定鏡の装置固定部に対する回転量を計測することが可能となる。このため、例えばレーザ干渉計システムにより計測された基板ステージの回転量が所定の値を超えた場合に、レーザ干渉計システムを構成するその固定鏡を基準として基板ステージの位置を計測するレーザ干渉計をリセットすることができるようになる。従って、固定鏡の回転に起因する基板ステージの位置決め誤差等の発生を防止することができ、結果的にマスクと感光基板との重ね合わせ精度の劣化を抑制することができる。

【 0 0 2 0 】ここで、固定鏡用レーザ干渉計により計測される固定鏡の装置固定部に対する回転量とは、必ずしも純粋な意味での回転のみではなく、変形による計測部位の位置変動をも含む概念である。

【 0 0 2 1 】請求項 2 に記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの像を感光基板 (W) 上に転写する露光装置であって、前記感光基板 (W) を保持して 2 次元移動及び回転が可能な基板ステージ (1 6) と；前記基板ステージに設けられた移動鏡 (3 4) と前記基板ステージ外の装置固定部に設けられた固定鏡 (3 6) とを有し、前記移動鏡 (3 4) と固定鏡 (3 6) との相対位置関係から前記基板ステージ (1 6) の 2 次元座標位置と回転量とを計測するレーザ干渉計システム (5 0) と；前記感光基板上の位置合わせマークの位置を検出するマーク検出系 (1 8) と；前記レーザ干渉計システムの計測結果とマーク検出系の検出結果とに基づいて前記基板ステージの位置と回転量とを制御する制御系 (2 4) と；前記固定鏡 (3 6) の装置固定部に対する回転量を計測する固定鏡用レーザ干渉計 (4 0) と；前記固定鏡用レーザ干渉計の計測値に基づいて前記固定鏡 (3 6) の回転量が所定の許容値を超えた場合に前記マーク検出系 (1 8) を校正する校正手段 (1 6、2 2、2 4、5 0、F P) とを有する。

【 0 0 2 2 】これによれば、固定鏡用レーザ干渉計により固定鏡の装置固定部に対する回転量が計測され、この固定鏡用レーザ干渉計の計測値に基づいて固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に校正手段ではマーク検

出系を校正する。このマーク検出系の校正後に、当該マーク検出系により感光基板上の位置合わせマークの位置が検出され、レーザ干渉計システムにより基板ステージに設けられた移動鏡と基板ステージ外の装置固定部に設けられた固定鏡との相対位置関係から基板ステージの 2 次元座標位置と回転量とが計測される。そして、制御系によりレーザ干渉計システムの計測結果とマーク検出系の検出結果とに基づいて基板ステージの位置と回転量とが制御され、マスクと感光基板の位置合わせが行われ、マスクに形成されたパターンの像が感光基板上に転写される。このため、固定鏡の回転による重ね合わせ精度の劣化が未然に防止され、安定して高い重ね合わせ精度を得ることができる。

【 0 0 2 3 】これらの場合において、固定鏡用レーザ干渉計 (4 0) は、請求項 3 に記載の発明の如く、レーザ干渉計システム (5 0) とは別に設けられていても良く、あるいは請求項 4 に記載の発明の如く、レーザ干渉計システムを構成する少なくとも一部のレーザ干渉計により構成されていても良い。前者の場合には、レーザ干渉計システムを構成するレーザ干渉計の計測ビームの強度を必要以上に低下させるおそれがないので、各レーザ干渉計の計測ビームの強度をあるレベル以上に維持することができ、後者の場合には、レーザ干渉計システムを構成する一部のレーザ干渉計を固定鏡用レーザ干渉計として兼用できるので、部品点数の増加及び、コストアップを防止することができる。

【 0 0 2 4 】前記請求項 2 に記載の発明に係る露光装置は、必ずしも投影光学系を持つ必要はないが、請求項 5 に記載の発明の如く、マスクのパターンを前記感光基板上に投影する投影光学系 (P L) を更に設け、マーク検出系として、投影光学系を介さないで感光基板上の位置合わせマークの位置を検出する系を用いてもよい。この場合には校正手段は、固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に、マスクのパターン像の投影像位置とマーク検出系の検出中心との間隔であるベースライン量を計測するようにすればよい。このようにすれば、固定鏡用レーザ干渉計により固定鏡の装置固定部に対する回転量が計測され、この固定鏡用レーザ干渉計の計測値に基づいて固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に校正手段ではベースライン量を計測する。このベースライン量の計測後に、マーク検出系により感光基板上の位置合わせマークの位置が検出され、レーザ干渉計システムにより基板ステージに設けられた移動鏡と基板ステージ外の装置固定部に設けられた固定鏡との相対位置関係から基板ステージの 2 次元座標位置と回転量とが計測される。そして、制御系によりレーザ干渉計システムの計測結果とマーク検出系の検出結果 (ベースライン量を含む) とに基づいて基板ステージの位置と回転量とが制御され、マスクと感光基板の位置合わせが行われ、マスクに形成されたパターンの像が感光基板上に転写される。

従って、固定鏡の回転に起因するベースライン量の変動を主要因とする重ねあわせ誤差の発生を未然に防止することができる。

【 0 0 2 5 】請求項 6 に記載の発明は、マスクに形成されたパターン像を投影光学系を介して感光基板上に転写するに先立ち、前記感光基板上の位置合わせ用マークの位置をマーク検出系を使って検出することにより、前記マスクのパターン像と前記感光基板との位置合わせを行う露光方法において、前記マスクのパターン像の投影像位置と前記マーク検出系の検出中心との間隔であるベースライン量を計測する第 1 工程と；前記マーク検出系を用いて前記感光基板上のマークの位置を検出する第 2 工程と；前記第 1 工程で求められたベースライン量と前記第 2 工程で検出されたマーク位置とに基づいて、前記マスクパターンの投影像と前記感光基板との位置合わせを行う第 3 工程とを含み、前記感光基板の位置及び回転を計測するレーザ干渉計システムを構成する固定鏡の装置固定部に対する回転量を計測し、前記固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に前記第 1 工程におけるベースライン量の計測を行なうことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】これによれば、感光基板の位置及び回転を計測するレーザ干渉計システムを構成する固定鏡の装置固定部に対する回転量が計測され、固定鏡の回転量が所定の許容値を超えた場合に第 1 工程におけるベースライン量の計測が行なわれる。次に、第 2 工程においてマーク検出系を用いて感光基板上のマークの位置が検出され、第 3 工程において前記第 1 工程で求められたベースライン量と前記第 2 工程で検出されたマーク位置とに基づいて、マスクパターンの投影像と感光基板との位置合わせが行われる。しかる後、マスクに形成されたパターンの像が投影光学系を介して感光基板上に転写される。このため、固定鏡の回転に起因するベースライン量の変動を主要因とする重ねあわせ誤差の発生を未然に防止することができる。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図 1 ないし図 2 に基づいて説明する。

【 0 0 2 8 】図 1 には、一実施形態に係る露光装置 1 0 の概略構成が示されている。この露光装置 1 0 は、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（いわゆるステッパー）である。

【 0 0 2 9 】この投影露光装置 1 0 は、マスクとしてのレチクル R を露光用照明光で照明する照明系 1 2、レチクル R を保持するレチクルステージ 1 4、レチクル R に形成されたパターン（原版） P A の像を感光基板としてのウエハ W 上に投影する投影光学系 P L、ウエハ W を保持して基準平面内を 2 次元移動するとともに所定角度範囲内で回転可能な基板ステージとしてのウエハステージ 1 6、ウエハ W に形成された位置検出用マークとしてのアライメントマーク（ウエハマーク）を検出するマーク

検出系としてのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡 1 8、ウエハステージ 1 6 の位置及び回転を計測するレーザ干渉計システム 5 0、ウエハステージ 1 6 を駆動する駆動系 2 2、装置全体を統括的に制御するミニコンピュータ（又はマイクロコンピュータ）から成る主制御装置 2 4 等を備えている。

【 0 0 3 0 】照明系 1 2 は、光源（水銀ランプ又はエキシマレーザ等）、シャッター、ブラインド、インプットレンズ、フライアイレンズ、リレーレンズ、メインコンデンサレンズ（いずれも図示せず）等を含んで構成されている。

【 0 0 3 1 】この照明系 1 2 は、光源からの露光用の照明光によってレチクル R の下面（パターン形成面）のパターン P A を均一な照度分布で照明する。ここで、露光用照明光は、単色光（又は準単色光）であり、その波長（露光波長）は例えば水銀輝線（i 線）の 3 6 5 n m であり、K r F エキシマレーザの 2 4 8 n m 等である。

【 0 0 3 2 】レチクルステージ 1 4 上にはレチクル R が真空吸着等によって固定されており、このレチクルステージ 1 4 は、不図示の駆動系によって X 方向（図 1 における紙面左右方向）、Y 方向（図 1 における紙面直交方向）、及び θ 方向（X Y 面内の回転方向）に微小駆動可能とされている。

【 0 0 3 3 】前記投影光学系 P L は、その光軸 A X がレチクルステージ 1 4 の移動面に直交する Z 軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックで、所定の縮小倍率 β （ β は例えば 1 / 5）を有するものが使用されている。このため、後述するようにレチクル R のパターン P A とウエハ W 上のショット領域との位置合わせ（アライメント）が行われた状態で、照明光によりレチクル R が均一な照度で照明されると、パターン形成面のパターン P A が投影光学系 P L により縮小倍率 β で縮小されて、フォトリソが塗布されたウエハ W 上に投影され、ウエハ W 上の各ショット領域（例えば各 L S I チップの領域）にパターン P A の縮小像が形成される。

【 0 0 3 4 】ウエハ W は不図示のウエハホルダ介してウエハステージ 1 6 上に固定されている。ウエハステージ 1 6 は、実際には、ベース 3 0 上を Y 方向（図 1 の紙面直交方向）に移動する Y ステージ及びこの Y ステージ上を X 方向（図 1 の紙面左右方向）に移動する X ステージ及びこの X ステージ上に搭載され、前記ウエハホルダと一体的に Z 軸回りに微小角度範囲内で回転可能な θ ステージ等から構成されているが、図 1 では、これらが代表してウエハステージ 1 6 として図示されている。

【 0 0 3 5 】また、このウエハステージ 1 6 上には、その表面がウエハ W の表面と同じ高さになるように基準板 F P が固定されている。この基準板 F P の表面には、後述するベースライン計測等に用いられる基準マークを含む各種の基準マークが形成されている。

【 0 0 3 6 】前記アライメント顕微鏡 1 8 は、投影光学

系 P L の Y 軸方向の一側面 (図 1 ににおける紙面手前側の面) に固定されており、本実施形態では画像処理方式のものが用いられている。このアライメント顕微鏡 1 8 は、ハロゲンランプ等のブロードバンドな照明光を発する光源、対物レンズ、指標板、C C D 等の撮像素子及び信号処理回路、演算回路等 (いずれも図示省略) を含んで構成されている。このアライメント顕微鏡 1 8 を構成する光源から発せられた照明光がアライメント顕微鏡 1 8 内部の対物レンズを通過した後ウエハ W (又は基準板 F P) 上に照射され、そのウエハ W 表面の不図示のウエハマーク領域からの反射光がアライメント顕微鏡 1 8 内部に戻り、対物レンズ、指標板を順次透過して C C D 等の撮像面上にウエハマークの像、及び指標板上の指標の像が結像される。これらの像の光電変換信号が信号処理回路により処理され、演算回路によってウエハマークと指標との相対位置が算出される。

【 0 0 3 7 】次に、レーザ干渉計システム 5 0 について説明する。このレーザ干渉計システム 5 0 は、ウエハステージ 1 6 の上面に固定された移動鏡 3 4、投影光学系 P L の側面に固定された固定鏡 3 6 及びこれらの移動鏡 3 4、固定鏡 3 6 にレーザビームをそれぞれ投射して、それぞれの反射光を受光することにより、ウエハステージ 1 6 の位置及び回転を移動鏡 3 4 と固定鏡 3 6 との相対的な位置関係として計測するレーザ干渉計 2 0 とから構成されている。本実施形態では、実際には、X 軸にほぼ直交する反射面を有する X 移動鏡 3 4 X と、Y 軸にほぼ直交する反射面を有する Y 移動鏡 3 4 Y とが設けられ、これと同様に、固定鏡も X 軸にほぼ直交する反射面を有する X 固定鏡 3 6 X と、Y 軸にほぼ直交する反射面を有する Y 固定鏡 3 6 Y とが設けられ、これらに対応してレーザ干渉計も X 軸方向位置計測用のものが 2 つ、Y 軸方向位置計測用のものが 1 つ設けられているが、図 1 では、これらが移動鏡 3 4、固定鏡 3 6、レーザ干渉計 2 0 として代表的に示されている (図 2 参照) 。

【 0 0 3 8 】ここで、図 2 に基づいて、上記レーザ干渉計システム 5 0 を構成する移動鏡、固定鏡、レーザ干渉計の構成及び配置等について説明する。

【 0 0 3 9 】図 2 には、固定鏡及びその周辺部の概略平面図が拡大して示されている。図 2 において、ウエハステージ 1 6 の X 軸方向の一端 (図 2 における右端) には、X 移動鏡 3 4 X が Y 軸方向に延設され、Y 軸方向の一端 (図 2 における上端) には Y 移動鏡 3 4 Y が X 軸方向に延設されている。

【 0 0 4 0 】また、投影光学系 P L の X 軸方向の一側面には、X 軸にほぼ直交する反射面を有する X 固定鏡 3 6 X が固定鏡支持部材 (固定鏡取り付け部) 3 8 X を介して取り付けられ、投影光学系 P L の Y 軸方向の一側面には、Y 軸にほぼ直交する反射面を有する Y 固定鏡 3 6 Y が固定鏡支持部材 (固定鏡取り付け部) 3 8 Y を介して取り付けられている。

【 0 0 4 1 】X 固定鏡 3 6 X、X 移動鏡 3 4 X に対向して X 軸方向位置計測用の 2 つのレーザ干渉計 2 0 X₁、2 0 X₂ が設けられ、Y 固定鏡 3 6 Y、Y 移動鏡 3 4 Y に対向して Y 軸方向位置計測用のレーザ干渉計 2 0 Y が設けられている。以下の説明において、X 軸方向位置計測用の 2 つのレーザ干渉計 2 0 X₁、2 0 X₂ の計測軸をそれぞれ X₁ 軸、X₂ 軸と呼び、Y 軸方向位置計測用のレーザ干渉計 2 0 Y の計測軸を Y 軸 (ウエハステージの移動軸である Y 軸と一致) と呼ぶものとする。

10 【 0 0 4 2 】X 軸方向位置計測用の一方のレーザ干渉計 2 0 X₁ は、固定鏡 3 6 X、移動鏡 3 4 X に対して X 軸に平行な方向の測長ビーム B r X₁、B m X₁ をそれぞれ投射して、それぞれの反射光を受光して固定鏡 3 6 X と移動鏡 3 4 X との X₁ 軸方向の相対位置を計測する。また、X 軸方向位置計測用の他方のレーザ干渉計 2 0 X₂ は、固定鏡 3 6 X、移動鏡 3 4 X に対して X 軸に平行な方向の測長ビーム B r X₂、B m X₂ をそれぞれ投射して、それぞれの反射光を受光して固定鏡 3 6 X と移動鏡 3 4 X との X₂ 軸方向の相対位置を計測する。

20 【 0 0 4 3 】ここで、X₁ 軸及び X₂ 軸の 2 つのビームのそれぞれは、露光位置 (投影光学系 P L の中心 C₁、すなわちウエハステージ座標系の原点) と同軸にはなく、それぞれ Y 軸方向の一方と他方の側に D₁ / 2 だけ離れている。従って、レーザ干渉計 2 0 X₁ と 2 0 X₂ の計測値の平均値を用いることで、露光位置と同軸にある 1 軸 (X 軸) の干渉計と全く等価な計測が可能である。また、これらのレーザ干渉計 2 0 X₁、2 0 X₂ の計測軸である X₁ 軸と X₂ 軸は、距離 D₁ だけ離れて、かつ平行に設定されているので、2 つのレーザ干渉計 2 0 X₁、2 0 X₂ の計測値の差を D₁ で割った値によりウエハステージ 1 6 の回転角 (回転量) を計測することができる。

【 0 0 4 4 】Y 軸方向位置計測用のレーザ干渉計 2 0 Y は、固定鏡 3 6 Y、移動鏡 3 4 Y に対して Y 軸方向の測長ビーム B r Y、B m Y をそれぞれ投射して、それぞれの反射光を受光して固定鏡 3 6 Y と移動鏡 3 4 Y との Y 軸方向の相対位置を計測する。

【 0 0 4 5 】すなわち、固定鏡 3 6 X、3 6 Y とウエハステージ 1 6 上の移動鏡 3 4 X、3 4 Y との相対位置関係が、Y 軸の干渉計ビーム (B m Y と B r Y) と、X₁ 軸の干渉計ビーム (B m X₁ と B r X₁) と X₂ 軸の干渉計ビーム (B m X₂ と B r X₂) とによって計測される。

【 0 0 4 6 】前述したアライメント顕微鏡 1 8 は、その中心 (検出位置) C₁ が、投影光学系 P L の露光位置 (中心) C₂ に対して、Y 方向に D₂ だけ離れて設置されている。このアライメント顕微鏡 1 8 は、X 方向、Y 方向の両方向についてウエハ W 上のマークの位置計測を行うためのものである。従って、X 方向の計測については、その計測位置が X₁ 軸、X₂ 軸の何れのレーザ干渉

計の軸上にもなく、このままでは計測時のウエハステージ 16 の回転が位置計測誤差となる可能性がある。

【0047】しかし、本実施形態の装置 10 では、前述の如くレーザ干渉計 20 X₁、20 Y₁ の計測値の差を D₁ で割った値によりウエハステージ 16 の回転角（回転量）を計測することができ、この回転量に距離 D₁ を掛けた値だけ、上述した X 方向の計測値を補正することで、アライメントマーク計測時のウエハステージ 16 の回転による位置計測誤差を補正することができる。

【0048】このように、ステージの位置あるいは回転量の検出には、固定鏡 36 X、36 Y の位置及び回転が基準として使用されている。そのため、固定鏡 36 X、36 Y が環境変化等の要因により温度変化し、熱変形してしまうと、

- a. 露光時のステージ位置の決定に関する誤差
- b. アライメントマーク計測時のステージ位置の決定に関する誤差
- c. アライメントマーク計測時のステージ回転量補正に関する誤差
- d. レチクルの回転補正に関する誤差

などのさまざまな誤差要因を生じ、投影像の重ね合わせ精度を劣化させてしまう。本実施形態の装置 10 では、レーザ干渉計の計測ビームがウエハステージ座標系の座標軸と一致していない、X 固定鏡 36 X の変形、主として回転に起因して上記 a. ～ d. のような誤差が生じてしまう。

【0049】そこで、本実施形態では、図 1、図 2 に示されるように、固定鏡 36 X の露光装置架台（図示省略）に対する回転量を計測する固定鏡用レーザ干渉計 40 が設けられている。この固定鏡用レーザ干渉計 40 は、実際には、不図示の露光装置架台に固定され、例えば、ゼーマンレーザ光源を用いたヘテロダイン干渉計により構成される。この固定鏡用レーザ干渉計 40 は、図 2 に示されるように、一方のビーム B t₁ をミラー 42 A を介して固定鏡 36 X 上の X₁ 軸の干渉計ビーム B r X₁ 入射位置近傍（図 2 の紙面に垂直な方向には多少離れていても良い）に入射させ、他方のビーム B t₂ をミラー 42 B を介して固定鏡 36 X 上の X₂ 軸の干渉計ビーム B r X₂ 入射位置近傍（図 2 の紙面に垂直な方向には多少離れていても良い）に入射させ、その 2 つのビーム B t₁、B t₂ の光路長差を検出することにより、固定鏡 36 X の回転量を検出する。ここで、ミラー 42 A、42 B は、単に光路を折曲げるためのものであり、固定鏡、移動鏡の配置によっては必ずしも設ける必要がないことは勿論である。

【0050】前記レーザ干渉計 20（20 X₁、20 X₂、20 Y₁）と固定鏡用レーザ干渉計 40 との計測値が主制御装置 24 に供給されており、主制御装置 24 ではレーザ干渉計 20 の計測値に基づいて前述したようにしてウエハステージ 16 の位置及び回転量を固定鏡と移動

鏡の相対位置関係として計測するとともに、固定鏡用レーザ干渉計 40 の計測値に基づいて固定鏡 36 X の回転量を常時モニタするようになっている。また、主制御装置 24 では、ウエハステージ 16 の位置決めの際等には、レーザ干渉計 20 の計測値をモニタしつつ駆動系 22 を介してウエハステージ 16、すなわちウエハ W を位置決めする。

【0051】次に、上述のようにして構成された露光装置 10 の露光時の動作について説明する。前提として不図示のレチクル顕微鏡を用いて行われるレチクル R の投影光学系 P L に対する位置合わせ（レチクルアライメント）は終了しているものとする。

【0052】まず、重ね合わせ露光に先立って、ウエハ W 上の位置検出マークを検出するアライメント顕微鏡 18 の位置（検出中心）C₁ と投影光学系 P L の中心 C₂（通常は、レチクルパターンを中心であるレチクルセンタに一致）との位置関係を計測するベースライン計測が行われる。具体的には、次の通りである。

【0053】① ウエハステージ 16 上に設けられた基準板 F P を、投影光学系 P L を介したレチクルアライメントマーク（図示省略）の投影像位置へ移動する。この移動は、主制御装置 24 により駆動系 22 を介して行われる。前述の如く、基準板 F P の表面はウエハ W の表面とほぼ同じ高さ（光軸方向）となっており、その表面には基準マーク（不図示）が形成されている。このとき、例えば、不図示のレチクル顕微鏡により投影光学系 P L を介してレチクルアライメントマークと基準マークの相対位置が検出される。

【0054】また、このときのウエハステージ 16 の位置は、ウエハステージ 16 上に設けられた移動鏡 34 を介してレーザ干渉計 20 により計測され、この計測結果は主制御装置 24 に送られる。また、このときの固定鏡用レーザ干渉計 40 の計測値も主制御装置 24 に送られる。主制御装置 24 はレーザ干渉計 20 の計測結果とレチクル顕微鏡から出力される相対位置との和を、レチクル位置として不図示のメモリに記憶すると同時に固定鏡用レーザ干渉計 40 の計測値も不図示のメモリに記憶する。

【0055】② 次に、主制御装置 24 は駆動系 22 を介してウエハステージ 16 を駆動し、基準板 F P をアライメント顕微鏡 18 の検出基準位置近傍に移動させる。そして、アライメント顕微鏡 18 に内蔵された指標板上の指標の中心（検出中心）C₁ と基準板 F P 上の基準マークとの相対位置関係を検出する。この相対位置関係検出値と、このときのレーザ干渉計 20 の出力値（ウエハステージ 16 の位置）は、主制御装置 24 に送られ、当該主制御装置 24 ではその和をアライメント顕微鏡 18 の位置とし、さらに、上記レチクル位置とアライメント顕微鏡位置との差を「ベースライン計測値」として不図示のメモリに記憶する。

【0056】本実施形態の投影露光装置10では、以上のベースライン計測シーケンスの後に、ウエハWへの重ね合わせ露光を開始する。すなわち、ウエハW上の不図示のウエハアライメントマークを、アライメント顕微鏡18により位置検出する。そして、主制御装置24ではこのときのウエハアライメントマークと前述のアライメント顕微鏡18内の指標マーク中心との相対位置関係と、ウエハステージ16の位置（レーザ干渉計20の出力値）との和を、マーク位置として認識する。なお、このとき、主制御装置では先に述べたようにして、ウエハステージ16の回転量を計測して、この回転量にD_iを掛けた値だけ、X方向の計測値を補正する。

【0057】続いて、主制御装置24ではこのマーク位置からベースライン量とウエハアライメントマークの設計座標の和だけウエハW（即ちウエハステージ16）を、レーザ干渉計20の計測値に基づいて移動する。

【0058】これにより、レチクルR上のパターンPAの投影像と、ウエハW上の既存のパターンとは正確に位置合わせされるので、この状態で照明系12内の不図示のシャッタを開いて露光を行いウエハWにレチクルR上のパターンを投影転写する。このとき、上で計測されたウエハステージ16の回転量に基づいて主制御装置24はレチクルRを保持するレチクルステージ14を不図示の駆動系を介して駆動し、ウエハステージ16の回転分だけレチクルRも回転し、パターン投影像をより正確にウエハ10上に重ね合わせても良い。

【0059】このようにして、ウエハW上の各ショット領域を順次レチクルパターンの像の投影位置に移動させつつ、露光（投影転写）を繰り返しおこなうことにより、ステップ・アンド・リピート方式の露光が行われる。

【0060】そして、このような露光動作の継続中も前述した固定鏡用レーザ干渉計40による固定鏡36Xの回転量計測を続行し、計測される固定鏡回転計測値が、上述したベースライン計測時にメモリに記憶された回転量に対して所定量以上変動した場合には、重ね合わせずれを生じる恐れがあるので、主制御装置24では再度前述したベースライン計測を行い、投影光学系PLの中心C_iに対するアライメント顕微鏡18の位置C_iを計測し直す。また、主制御装置24ではメモリ内に記憶されている先のベースライン計測時に計測された固定鏡回転計測値を、このときに計測された固定鏡回転計測値に更新する。

【0061】なお、上記ステップ・アンド・リピート方式の露光動作は、ウエハW上の各ショット領域内のアライメントマークを逐次検出してそのショットに重ね合わせ露光を行ういわゆるダイ・バイ・ダイ方式で行ってもよく、露光に先立って複数のショット内の各アライメントマークを検出し、それらの検出値を統計処理して露光ショットの配列を決め、その配列に基づいて全ショット

の露光を行ういわゆるEGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式で行っても良い。

【0062】これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、レーザ干渉計システム50、ウエハステージ16、駆動系22、基準板FP及び主制御装置24によってアライメント顕微鏡18の較正（キャリブレーション）を行なう較正手段が構成され、主制御装置24によって制御手段が構成されている。

【0063】以上説明したように本実施形態の露光装置10によると、固定鏡36Xの位置変動及び回転変動を計測し、固定鏡36Xが許容量以上回転した場合には、ベースライン計測をやり直すので、固定鏡36Xの回転変動に殆ど影響されず、高い重ね合わせ精度を、極めて安定的に得ることができる。

【0064】なお、上記実施形態において、ウエハステージ16の位置（回転を含む）を計測するためのレーザ干渉計システム50とは別に、固定鏡用レーザ干渉計40、を設けたのは、レーザ干渉計システム50を構成する各干渉計の測長ビームの分割による強度低下を招かないように、このようにしたものであって、本発明がこれに限定される趣旨ではない。例えばX軸位置計測用のレーザ干渉計20X₁、20X₂を固定鏡用レーザ干渉計として兼用することも可能である。すなわち、例えばレーザ干渉計20X₁、20X₂を、ゼーマンレーザ光源を用いたヘテロダイン干渉計により構成し、固定鏡36Xにそれぞれ投射されるビームBrX₁、BrX₂の一方を高い周波数の計測ビーム、他方を低い周波数の計測ビームとなるように設定することにより、量ビームの光路長の差から固定鏡36Xの回転を計測できる。

【0065】また、上記実施形態では、X軸方向の計測用として比較的長い固定鏡36Xを用い、この固定鏡36Xに固定鏡用レーザ干渉計40から2軸のレーザビームを投射する場合について説明したが、固定鏡36に代えて比較的短い一対の固定鏡を設けることも可能である。この場合には、配置上の制限からX₁軸の計測ビームを一方の固定鏡に、X₂軸の計測ビームを他方の固定鏡に投射せざるを得ない場合も考えられ、かかる場合には固定鏡の回転を検出することはできなくなる。しかしながら、このような場合であっても、X₁軸の計測ビーム、X₂軸の計測ビームによりそれぞれの軸に関する固定鏡反射面の位置の変化は計測可能であり、この位置の変化量が所定の値を超えた時点で、それぞれの干渉計をリセットする、あるいはこの干渉計リセットとともに前述したベースライン計測をやり直すことにより、最終的に固定鏡の変動（変形）に起因する重ね合わせ誤差を確実に低減することは可能である。すなわち、本発明に係る固定鏡用レーザ干渉計は、固定鏡の回転検出のみでなく、固定鏡の変形検出に用いても効果を発揮する。

【0066】なお、上記実施形態では、固定鏡は投影光学系PLに固定するものとしたが、固定鏡の設置場所は

これに限らず、移動鏡の設けられるステージ（可動部）以外の部分であれば、どのような場所に設置しても構わない。このような場合も上記実施形態例と同等の効果をすることができる。

【0067】また、上記実施形態では本発明が投影露光装置に適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、X線プロキシミティー露光装置や電子線露光装置に対しても好適に適用可能である。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の発明によれば、固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板との重ね合わせ精度の劣化を抑制ないしは防止することができるという優れた効果がある。

【0069】また、請求項2ないし5に記載の発明によれば、固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板との重ね合わせ精度の劣化を未然に防ぎ、安定して高い重ね合わせ精度を得ることができるという効果がある。

【0070】また、請求項6に記載の発明によれば、固定鏡の回転変動に起因するマスクのパターンと感光基板

との重ね合わせ精度の劣化を未然に防ぎ、安定して高い重ね合わせ精度を得ることができる露光方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

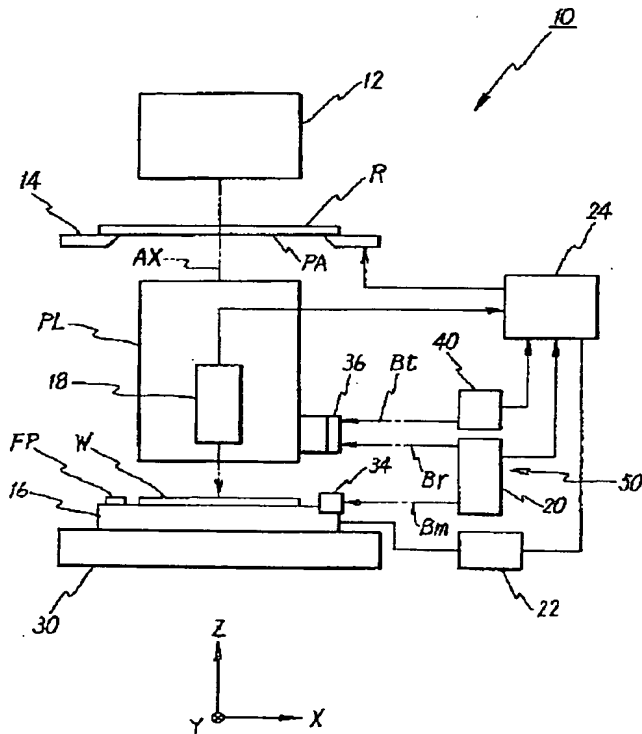
【図1】第1の実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の固定鏡及びその周辺部の概略平面図である。

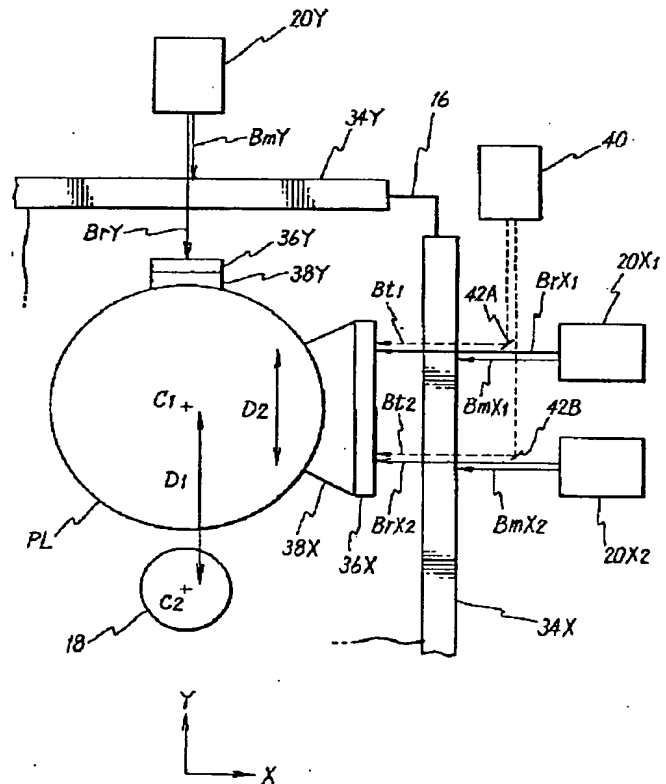
【符号の説明】

- 10 露光装置
- 16 ウエハステージ
- 18 アライメント顕微鏡
- 24 主制御装置
- 34 移動鏡
- 36 固定鏡
- 40 固定鏡用レーザ干渉計
- 50 レーザ干渉計システム
- PL 投影光学系
- W ウエハ
- 20 R レチクル

【図1】



【図2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.